

21世纪应用型高等院校示范性实验教材

基础化学实验

物理化学部分

主 编 韦 波 李 玉 红

Experiments of
Fundamental Chemistry


 南京大学出版社

21世纪应用型高等院校示范性实验教材
常熟理工学院教材基金资助出版
(JX11022-CB2010006)

基础化学实验

物理化学部分

主 编 韦 波 李玉红
副 主 编 杨 刚 崔荣静
王海鹰 刘海燕

 南京大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

基础化学实验. 物理化学部分 / 韦波, 李玉红主编.
—南京: 南京大学出版社, 2014. 12.
21 世纪应用型高等院校示范性实验教材
ISBN 978 - 7 - 305 - 14474 - 5

I. ①基… II. ①韦… ②李… III. ①化学实验-高等学校-教材 ②物理化学-化学实验-高等学校-教材
IV. ①O6-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 295464 号

出版发行 南京大学出版社
社 址 南京市汉口路 22 号 邮 编 210093
出 版 人 金鑫荣

丛 书 名 21 世纪应用型高等院校示范性实验教材
书 名 基础化学实验(物理化学部分)
主 编 韦 波 李玉红
责任编辑 贾 辉 吴 汀 编辑热线 025-83686531

照 排 江苏南大印刷厂
印 刷 常州市武进第三印刷有限公司
开 本 787×1092 1/16 印张 13.5 字数 320 千
版 次 2014 年 12 月第 1 版 2014 年 12 月第 1 次印刷
ISBN 978 - 7 - 305 - 14474 - 5
定 价 28.00 元

网 址: <http://www.njupco.com>
官方微博: <http://weibo.com/njupco>
官方微信号: njupress
销售咨询热线: (025)83594756

* 版权所有, 侵权必究

* 凡购买南大版图书, 如有印装质量问题, 请与所购
图书销售部门联系调换

前 言

化学本质上是一门实验科学,化学实验是培养学生创新意识和创新能力、引导学生确立正确科学思想和科学方法、提高学生科学素质的重要阵地。以实验为手段培养学生的实践能力和创新精神是化学教学最显著的特点。

本教材为“21世纪应用型高等院校示范性实验教材”基础化学实验系列教材中的物理化学实验部分。基础化学实验是大学生进入大学后接受系统实验方法和实验技能训练的开端,学生通过实验思想、方法、手段以及综合实验技能训练,学会科学的方法和思维,从而具有自学能力和解决问题的能力。物理化学实验以仪器测试为主要手段,测量数据和数据处理为主要内容,研究物质的物理化学性质及其化学规律,它综合了化学学科各领域所需的基本研究工具和方法。教材是教学环节中重要的一环,是教师实现优秀教学之本。为此,本着深化实验教育教学改革、突出实验教学特色、着力培育打造精品的原则,我们根据教育部化学、应用化学、化工、生物、食品及材料类专业实验教学的基本要求与内容,结合各专业的教学大纲及我校教学仪器设备的实际情况,在多年实验教学改革的实践基础上编写了本教材。

本教材采用了新的实验模块体系,实验内容按基础实验、综合实验、设计和研究实验模块编排,既注重学生实验技能的训练、基本理论的掌握,又注重学生实验能力、分析解决问题能力及创新能力的培养。本教材共精选了包含化学热力学、化学动力学、电化学、表面及胶体化学、结构化学等五个方面的33个实验,力求涵盖物理化学的基本实验、常用实验方法和技术及反映物化实验的最新成果,突出综合性和应用性,并尽量选用低毒、绿色实验和现代常用仪器。每个实验的编写,除了常规的实验目的、实验原理、仪器和试剂、实验步骤、数据记录与处理、思考题等内容外,我们还特别增加了预习提要(包括预习题)、实验指导、实验扩展三部分内容,以方便学生在实验前进行充分的预习以及独立开展实验,从而扩大学生的知识面,更好地培养学生的创新意识和科研素质。本书还包含实验数据处理和基本测量技术及常用仪器两个独立的章节,以培养学生用计算机处理数据的能力,使学生了解现代常用测试的技术和仪器。一些实验常用数据以附录形式给出,以方便教材的使用。

为了使本教材能反映科学研究的新成果、新方法和新技术,我们将教师最新的一些研究成果编写成了综合、研究型实验,如表面活性剂对蔗糖一级水解

反应的影响、静电纺丝法制备锂离子电池负极材料及性能研究、超声制备 Mn_3O_4 纳米材料及其超级电容性能测试、掺铈钼酸钙红色荧光粉的制备及其发光性能、CdSe 半导体量子点的制备及其荧光性能、纳米磁性材料的制备及性质等。这些实验内容将使得学生早日了解和接触一些研究前沿领域、新的实验方法和手段以及先进的实验仪器,这将开阔学生的科研视野,进一步提高学生综合运用所学知识的能力及科学创新意识。

本书由常熟理工学院韦波、李玉红、杨刚、崔荣静、王海鹰、刘海燕六位教师合作编写,韦波和李玉红老师定稿主编。书中很多基础型实验来自已退休教师邹耀红教授编写的《物理化学实验讲义》,对邹老师多年来对物理化学及实验所做的贡献及对我们年轻教师所做的指导表示崇高的敬意。徐肖邢、李巧云、杨高文等几位教授对此书的编写一直非常关心,提出了很多宝贵的纲领性、建设性意见。本书编写过程中得到了常熟理工学院化学与材料工程学院领导的支持、指导、关心,在此表示衷心的感谢。感谢常熟理工学院教材基金对本教材出版的资助。本书的编写参考了兄弟院校已出版的教材,谨表谢意。

本教材选编的实验,充分考虑了不同层次和不同专业的教学需要。可以根据不同的教学对象选择不同的教学内容,作为高等学校化学、应用化学、化工类、材料类、生物食品类、农学、医学、药学、环境等专业物理化学实验的教材或教学参考书。

由于编者的学识和水平有限,本书中错误和疏漏在所难免,敬请有关专家和广大师生批评指正。

编者

2014年11月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 物理化学实验的目的和要求	1
1.2 物理化学实验规则与安全防护	5
第 2 章 物理化学实验中的误差与数据处理	11
2.1 误差分析	11
2.2 实验数据的处理	15
2.3 使用计算机软件处理物理化学数据及作图方法	17
第 3 章 基础型实验	29
实验一 恒温槽的装配、恒温操作和性能测试	29
实验二 燃烧焓的测定	34
实验三 纯液体饱和蒸气压和摩尔蒸发焓的测定	40
实验四 凝固点降低法测葡萄糖的相对分子质量	44
实验五 环己烷-乙醇气液平衡相图的绘制	48
实验六 二组分简单共熔合金相图的绘制	52
实验七 电极制备和电池电动势的测定	56
实验八 强电解质无限稀释摩尔电导率的测定和离子独立运动定律	60
实验九 电势-pH 曲线的测定及其应用	64
实验十 黏度法测定高聚物的相对分子质量	68
实验十一 电导率法测定表面活性剂的临界胶束浓度	71
实验十二 旋光度法测定蔗糖水解反应的速率常数	76
实验十三 络合盐磁化率的测定	80
实验十四 分子偶极矩的测定	85
实验十五 X 射线多晶衍射法测定晶胞参数	90
第 4 章 综合型实验	97
实验十六 氨基甲酸铵分解反应平衡常数及热力学函数的测定	97

实验十七	电池电动势测定的应用	101
实验十八	表面活性剂对蔗糖一级水解反应的影响	105
实验十九	电导率法研究乙酸乙酯皂化反应动力学	110
实验二十	表面活性剂溶液表面吸附量的测定	113
实验二十一	电导率测定的应用	117
实验二十二	过氧化氢催化分解反应速率常数的测定	121
实验二十三	静电纺丝法制备锂离子电池负极材料及性能研究	125
实验二十四	超声制备 Mn_3O_4 纳米材料及其超级电容性能测试	132
实验二十五	掺铈钼酸钙红色荧光粉的制备及其发光性能	138
实验二十六	CdSe 半导体量子点的制备及其荧光性能	142
实验二十七	Cr(Ⅲ) 配合物的合成及其晶体场分裂能(Δ_0)的测定	144
第 5 章	设计研究型实验	148
实验二十八	$\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶的制备、纯化及稳定性研究	148
实验二十九	固液吸附——醋酸在活性炭上的吸附	150
实验三十	难溶盐溶度积的测定	152
实验三十一	药物有效期的测定	154
实验三十二	溶解热的测定	156
实验三十三	纳米磁性材料的制备及性质	157
第 6 章	基本测量技术及常用仪器	160
6.1	温度的测量与控温技术	160
6.2	压力及真空测量技术	171
6.3	电化学测量技术	178
6.4	光学测量技术	185
附 录		198
附录 1	常用物理化学常数	198
附录 2	国际单位制(SI)	198
附录 3	常用单位换算	199
附录 4	用于构成十进倍数和分数单位的词头	200
附录 5	不同温度下水的饱和蒸气压	200
附录 6	不同温度下水的表面张力	202

附录 7	不同温度下水的黏度/ $\text{mPa} \cdot \text{s}$	202
附录 8	不同温度下水和乙醇的折射率	203
附录 9	一些液体物质的饱和蒸气压与温度的关系	203
附录 10	不同温度下水、乙醇和丙酮的密度(g/cm^3)	204
附录 11	某些液体的折光率(20°C)	204
附录 12	某些物质的比旋光度(20°C)	204
附录 13	常用溶剂的凝固点降低常数	204
附录 14	KCl 溶液的电导率	205
附录 15	甘汞电极的电极电势与温度的关系	205
附录 16	常用参比电极电势及温度系数	206
附录 17	强电解质的离子平均活度系数 γ_{\pm} (25°C)	206
附录 18	醋酸的标准电离平衡常数	206
附录 19	IUPAC 推荐的五种标准缓冲溶液的 pH	207
附录 20	气相中常见分子的偶极矩	207
附录 21	一些常见液体物质的介电常数	207
主要参考文献		208

第1章 绪论

1.1 物理化学实验的目的和要求

一、物理化学实验的目的

物理化学实验是化学实验的一个重要分支,它利用物理学实验方法研究化学系统变化规律。物理化学实验综合了化学领域各个分支所需的基本研究工具,具有综合性特征。早期的物理化学实验以验证物理化学的基本原理为目的,实验教学只是课堂教学的辅助环节。随着物理化学研究方法的形成和发展,以及近年来现代仪器在物理化学实验的广泛应用和计算机对实验数据的快速、准确处理,其目的也扩展为以掌握基本的物理化学实验方法和技术为主,并促使物理化学实验向纵深发展,实验教学趋向于综合训练型、设计研究型发展。物理化学实验特别注重科学能力的培养,是化学、化工、材料、生物工程和食品科学等专业的一门重要基础实验课,其主要目的是:

(1) 使学生初步了解物理化学的研究方法,掌握物理化学的基本实验技术和技能,了解常用仪器的构造、原理和使用方法,了解近代大型仪器的性能及在物理化学实验中的应用。

(2) 加深对物理化学基本理论和概念的理解,提高灵活运用物理化学原理的能力。

(3) 培养学生正确记录实验数据和观察实验现象,正确处理实验数据和分析实验结果的能力。

(4) 使学生受到初步的实验设计和研究的训练,培养学生初步进行科学研究的能力。

(5) 培养严肃认真、实事求是和一丝不苟的科学态度及工作作风。

二、物理化学实验的要求

实验教学包括实验预习、实验操作和实验报告三个环节,它们之间是相互联系的,任何一个环节没有做好,都会严重影响实验效果。

1. 实验预习

进实验室前,必须认真阅读实验内容和相关资料,预先了解实验的目的和原理,了解所用仪器、设备的构造和正确使用方法,明确实验操作过程和要测量的参数。结合实验讲义和有关参考资料写出预习报告。预习报告的内容包括:① 简明扼要地写出实验目的和原理;② 实验操作步骤及注意事项;③ 原始数据记录表格;④ 实验预习题。实验前,预习报告须经指导教师检查。预习未达到要求的学生,不能进行实验。

实践证明,实验前充分预习和准备将可避免实验中的盲目性,提高实验效率,保证良

好的实验效果。因此,一定要做好实验前的预习。

2. 实验操作

(1) 实验操作开始前

学生应穿着实验服提前 10 分钟到达实验室。上交预习报告,以备教师检查,不合格者,不能进行实验。上交上一次实验的实验报告。检查仪器、药品是否齐全,记录实验条件(室温和气压);如对实验内容有疑问,可向教师询问。进一步听取指导教师的讲解。

(2) 实验操作过程中

在实验开始后,应认真操作,仔细观察实验现象,详细准确地记录原始实验数据和实验条件。在实验过程中,要有严谨的科学态度,善于发现和解决实验中出现的各种问题。遇有异常现象,不能自己解决的,应与指导教师一起分析研究查明原因。公用的试剂、器具、仪器不要随意变更原有位置,用毕立即放回原处;要保持实验仪器、实验台的整齐,并节约使用药品。要注意固态废弃物以及无机、有机废液应有序倒入指定回收装置中,不准随意倒入下水道中。实验中如打破玻璃仪器、温度计或仪器故障等突发事件,应及时向教师汇报,以便及时解决,并登记在册。

实验数据记录是完成实验的原始资料,必须忠实、完整、认真地记录,养成良好的记录习惯。实验数据要记录在设计好的原始数据记录表上,必须用钢笔或圆珠笔记录,不得用铅笔记录,并严禁随意涂改。每次的实验记录应包括:实验日期、实验项目、合作者姓名、室内温度、大气压、所测的原始实验数据。尽可能用表格形式表示实验数据,保证数据记录的条理性。在记录实验数据时,做到实事求是,不主观拣选或随意涂改,如有记错,可在该数据上画一道线,再在旁边写下正确的数据。

实验结束后,实验小组的每个同学都必须手抄一份将要用于完成实验报告的原始实验数据交教师签字认可,并将其贴在实验报告封面的背面备查,具有这一份原始实验数据的实验报告才是有效的。

(3) 实验操作结束后

应先将实验数据交教师检查,教师认为合格后,再拆卸装置,将剩余药品倒进指定废液桶中,并洗净玻璃仪器(如实验前从烘箱中拿出的仪器,实验后应放回烘箱中),收拾并打扫实验台面,完成后由教师在实验数据记录纸上签字后方可离开。

3. 实验报告

实验报告是实验工作的总结。实验报告的书写是实验课程对学生的基本训练内容之一。它将使学生在实验数据处理、作图、误差分析、问题归纳等方面得到训练和提高,是培养学生独立科研能力的一个重要步骤。在撰写实验报告时,要文字通顺,条理分明,书写认真。实验结果要实事求是,坚决反对伪造数据或凑数据的不良行为,坚决杜绝抄袭他人实验报告。对于两人共同完成的实验,每人要独立完成实验报告,并在规定时间内送交指导教师批阅。实验报告的质量,在很大程度上反映了学生的实际水平和能力,是教师评定实验成绩的重要依据之一。

物理化学实验报告的内容应包括:实验目的、原理、实验所需仪器及药品、实验步骤、数据记录及处理、实验结果与讨论、思考题等几个部分。其中实验目的、原理、实验所需仪

器药品、实验步骤应简明扼要。实验原理主要阐明实验的理论依据,辅以必要的计算公式即可。实验步骤不要照抄讲义或教材,可以根据自己在做实验时的理解简明地写出操作步骤或以方框图的形式一步一步地列出步骤。

数据处理应有处理步骤,而不是只列出实验结果。数据处理应有原始数据记录表和计算结果表示表(有时二者可合二为一),需要计算的数据必须列出算式,对于多组数据,可列出其中一组数据的算式。作图时必须按本绪论中数据处理部分所要求的去做,实验报告的数据处理中不仅包括表格、作图和计算,还应有必要的文字叙述。例如:“所得数据列入××表”,“由表中数据作××~××图”等,以便使写出的报告更加清晰、明了,逻辑性强,便于批阅和留作以后参考。

作图须用计算机软件作图,尽量不用手绘图。在第二章 2.3 节中有利用 Origin 软件和 Excel 软件作图的详细使用方法。在作图时,必须符合一定的规范,整个图要表述的内容必须一目了然。

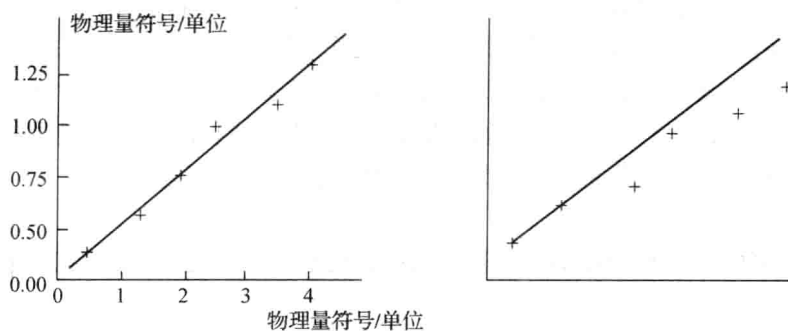


图1 *****

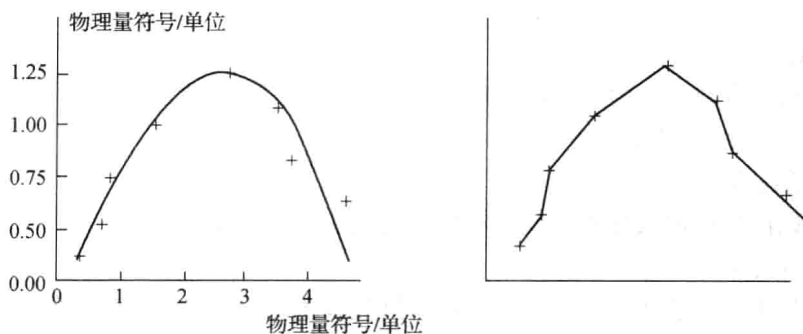


图1 *****

(a) 规范图

(b) 不规范图

图 1-1 规范作图与不规范作图的比较

结果讨论应包括:对实验现象的分析解释;对实验结果误差的定性分析或定量计算,并检讨产生误差之可能原因;对实验的改进意见或新的构想;实验的心得体会等,这是锻炼学生分析问题能力的重要一环,应予以重视。

表 1-1 关于规范作图的说明

规范图	不规范图
有文字精练的图题,且图题的位置正确;	没有图题或图题的位置不正确;
使用坐标纸时,有坐标轴、刻度值及其标注;	无坐标轴、刻度值,或标注不完整;
坐标轴上的物理量符号及单位标注正确;	坐标轴上无物理量符号及单位标注;
代表点标示正确、醒目,整个图无涂改;	代表点标示不清楚、点过大,图上有涂改;
不在线上的代表点均匀地分布在线的两侧;	不在线上的代表点的分布形式不正确;
直线是笔直的、曲线是光滑的、坐标纸大小适宜。	直线不直、曲线不光滑、连点成线、坐标纸太大。

三、设计研究型实验要求

设计研究型实验是基础实验的提高和深化。它是在教师的指导下,学生选择实验题目,运用学过的物理化学实验原理、方法和技术,在查阅文献资料的基础上独立设计实验方案,正确选择仪器和设备,并且独立进行实验操作,最后以科学小论文的形式完成实验报告的过程。由于物理化学实验在设计思路、测量原理和方法上与科学研究有许多相似性,因而对学生进行综合与设计型实验训练有助于学生实验技能和综合素质的提高,对培养学生初步的科研能力至关重要。设计研究型实验的实施与要求如下:

(1) 选题

在教材提供的综合和设计实验题目中选择自己感兴趣的题目,或者经教师同意后自己确定实验题目。

(2) 查阅文献

查阅包括实验原理、实验方法、仪器装置等方面的文献资料,对不同方法进行对比、综合、归纳等。

(3) 制订实验方案

根据查阅的资料和实验要求,制订实验方案,并在实验开始前进行可行性论证,请老师和同学提出问题,优化实验方案。

(4) 实验准备

实验开始前要提前做好实验仪器和药品的准备以及溶液配制等工作。

(5) 实验实施

实验过程中要注意实验现象的观察,及时记录,注意不断地对实验现象和结果进行分析,得出初步结论。

(6) 数据处理

依据实验数据和现象,对所得结果进行处理,并进行数据误差分析,按论文形式写出实验报告。

四、实验成绩评定

学生实验成绩的评定是对学生掌握实验设计思想、方法、技能、实验综合素质和能力全面考查的结果。实验成绩评定采取以平时成绩为主,与期末考试相结合的多元化实验

考核办法。平时成绩主要以预习报告、实验态度、实验操作、实验结果、实验报告等方面为依据进行评分。期末考核采取理论考试和操作考试的方式,将笔试、实验操作技能、设计实验的能力与水平考核结合进行评分。根据本教材中四大类实验的特点,成绩评定的着重点有所不同。学生实验成绩的评定主要依据如下:

- (1) 对基础知识、基本原理和设计思想的理解和掌握。
- (2) 实验基本方法、基本技能和基本仪器的掌握和使用。
- (3) 实验结果(产量、纯度、准确度、精密度等)及对实验结果的分析、讨论与总结。
- (4) 实验能力。包括实验设计、组织、实施步骤和对实验现象的观察、测量、记录的过程,数据处理的正确性,作图技术的掌握,实验报告的规范性与完整性,分析解决问题的能力,创新意识等。
- (5) 实验态度。包括严谨求实、勤奋认真、条理整洁、团结协作、遵守纪律等。

1.2 物理化学实验规则与安全防护

在物理化学实验室常常用到高压气体、真空系统、高电压、高温或低温条件、有毒物质、X射线等,因此要求实验者必须掌握必要的安全防护知识与预防措施,防止事故的发生以及做好事故的应急处理,这是每一个化学实验工作者必须具备的素质。这些内容在先行的化学实验课中均已作了介绍。本节主要介绍物理化学实验的基本规则以及气体钢瓶的使用、安全用电、使用化学药品的安全防护等知识。

一、物理化学实验的基本规则

- (1) 实验时应遵守操作规则,遵守一切安全措施,保证实验安全进行。
- (2) 遵守纪律,不迟到,不早退,保持室内安静,不大声谈笑,不到处乱走,不许在实验室内嬉闹及恶作剧。
- (3) 使用水、电、煤气、药品试剂等都应本着节约原则。
- (4) 未经老师允许不得乱动精密仪器,使用时爱护仪器设备,如发现仪器损坏,立即报告指导教师并追查原因。
- (5) 随时注意室内整洁卫生,火柴杆、纸张等废物只能丢入废物缸内,不能随地乱丢,更不能丢入水槽,以免堵塞。实验完毕将玻璃仪器洗净,把实验桌打扫干净,公用仪器、试剂药品整理好。
- (6) 实验时要集中注意力,认真操作,仔细观察,积极思考,实验数据要及时如实详细地记在报告本上,不得涂改和伪造,如有记错可在原数据上画一杠,再在旁边记下正确值。
- (7) 实验结束后,由同学轮流值日,负责打扫整理实验室,检查水、煤气、门窗是否关好,电闸是否拉掉,以保证实验室的安全。

实验室规则是人们长期从事化学实验工作的总结,它是保持良好环境和工作秩序,防止意外事故,做好实验的重要前提,也是培养学生优良素质的重要措施。

二、物理化学实验安全与防护

1. 气体钢瓶的安全防护

表 1-2 各类气瓶的涂色标志

气体名称	气瓶涂色	标字颜色	线条颜色	字样
氧气	天蓝	黑	—	氧
氢气	深绿	红	红	氢
氮气	黑	黄	棕	氮
氦气	褐色(棕灰)	白	—	氦
液氨	黄	黑	—	氨
压缩空气	黑	白	—	压缩空气
二氧化碳	黑	黄	—	二氧化碳
乙炔气	白	红	—	乙炔不可近火
氯气	灰	绿	—	氯
甲烷	红	白	—	甲烷

实验室的气体钢瓶,主要指各种压缩气体钢瓶,比如氧气瓶、氢气瓶、氮气瓶和液化气瓶等。其容积一般为 $40\sim 60\text{ dm}^3$,最高工作压力为 15 MPa (最低的也在 0.6 MPa 以上)。为避免各种钢瓶使用时发生混淆,常将钢瓶漆上不同颜色,写明瓶内气体名称。

气体钢瓶的危险主要是气体泄漏造成人员中毒或爆炸、火灾等使实验室房屋、仪器设备损坏或人员伤亡,因此在使用气体钢瓶时应注意:

(1) 各种气瓶必须按国家规定进行定期检验。一般气体钢瓶至少每 3 年送检一次,充腐蚀性气体钢瓶至少每 2 年送检一次。使用过程中必须要注意观察钢瓶的状态,如发现严重腐蚀或其他严重损伤,应停止使用并提前报检。

(2) 气体钢瓶应远离热源、火种,置通风阴凉处,防止日光曝晒,严禁受热;可燃性气体钢瓶必须与氧气钢瓶分开存放;周围不得堆放任何易燃物品,易燃气体严禁接触火种。

(3) 气体钢瓶应直立使用,务必用框架或栅栏围护固定。禁止随意搬动敲打钢瓶,经允许搬动时应做到轻搬轻放。

(4) 使用时要注意检查钢瓶及连接气路的气密性,确保气体不泄漏。使用钢瓶中的气体时,要用减压阀(气压表)。各种气体的气压表不得混用,以防爆炸。

(5) 使用完毕按规定关闭阀门,主阀应拧紧不得泄漏。养成离开实验室时检查气瓶的习惯。

(6) 不可将钢瓶内的气体全部用完,一定要保留 0.05 MPa 以上的残留压力(减压阀表压)。可燃性气体如乙炔应剩余 $0.2\text{ MPa}\sim 0.3\text{ MPa}$, H_2 应保留 2 MPa 。

(7) 为了避免各种气体混淆而用错气体,通常在气瓶外面涂以特定的颜色以便区别,并在瓶上写明瓶内气体的名称。

(8) 绝不可使油或其他易燃性有机物沾在气瓶上(特别是气门嘴和减压阀)。也不得

用棉、麻等物堵住,以防燃烧引起事故。

2. 安全用电常识

物理化学实验室使用电器较多,特别要注意安全用电。实验室所用的电源主要是频率为 50 Hz 的交流电,分为单相 220 V 和三相 380 V 两种,除少数仪器设备外,实验室多用单相交流电,该电压远高于人体的安全电压 36 V。表 1-3 给出了 50 Hz 交流电在不同电流强度时通过人体产生的反应情况。

表 1-3 不同电流强度时的人体反应

电流强度/mA	1~10	10~25	25~100	100 以上
人体反应	麻木感	肌肉强烈收缩	呼吸困难,甚至停止呼吸	心脏心室纤维性颤动,死亡

违章用电可能造成仪器设备损坏、火灾、甚至人员伤亡等严重事故。为了保障人身安全,一定要遵守安全用电规则:

(1) 防止触电

不用潮湿的手接触电器。电源裸露部分应有绝缘装置(例如电线接头处应裹上绝缘胶布)。所有电器的金属外壳都应保护接地。实验时,应先连接好电路后再接通电源。实验结束时,先切断电源再拆线路。修理或安装电器时,应先切断电源。不能用试电笔去试高压电。使用高压电源应有专门的防护措施。如有人触电,应迅速切断电源,然后进行抢救。

(2) 防止引起火灾

使用的保险丝要与实验室允许的用电量相符。电线的安全通电量应大于用电功率。室内若有氢气、煤气等易燃易爆气体,应避免产生电火花。继电器工作和开关电闸时,易产生电火花,要特别小心。电器接触点(如电插头)接触不良时,应及时修理或更换。如遇电线起火,立即切断电源,用沙或二氧化碳、四氯化碳灭火器灭火,禁止用水或泡沫灭火器等导电液体灭火。

(3) 防止短路

线路中各接点应牢固,电路元件两端接头不要互相接触,以防短路。电线、电器不要被水淋湿或浸在导电液体中。电器仪表应安全使用,在使用前,先了解电器仪表要求使用的电源是交流电还是直流电,是三相电还是单相电以及电压的大小(380 V、220 V、110 V 或 6 V)。须弄清电器功率是否符合要求及直流电器仪表的正、负极。仪表量程应大于待测量。若待测量大小不明时,应从最大量程开始测量。实验之前要检查线路连接是否正确。经教师检查同意后方可接通电源。在电器仪表使用过程中,如发现有不正常声响,局部温升或嗅到绝缘漆过热产生的焦味,应立即切断电源,并报告教师进行检查。

3. 使用化学药品的安全防护

(1) 防毒

实验前,应了解所用药品的毒性及防护措施。操作有毒气体(如 H_2S 、 Cl_2 、 Br_2 、 NO_2 、浓 HCl 和 HF 等)应在通风橱内进行。苯、四氯化碳、乙醚、硝基苯等的蒸气会引起中毒。它们虽有特殊气味,但久嗅会使人嗅觉减弱,所以应在通风良好的情况下使用。有些药品

(如苯、有机溶剂、汞等)能透过皮肤进入人体,应避免与皮肤接触。氰化物、高汞盐(HgCl_2 、 $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ 等)、可溶性钡盐(BaCl_2)、重金属盐(如镉盐、铅盐)、三氧化二砷等剧毒药品,应妥善保管,使用时要特别小心。禁止在实验室内喝水、吃东西。饮食用具不要带进实验室,以防毒物污染,离开实验室及饭前要洗净双手。

(2) 防爆

可燃气体与空气混合,当两者比例达到爆炸极限(见表 1-4)时,受到热源(如电火花)的诱发,就会引起爆炸。使用可燃性气体时,要防止气体逸出,室内通风要良好。操作大量可燃性气体时,严禁同时使用明火,还要防止发生电火花及其他撞击火花。有些药品如叠氮铝、乙炔银、乙炔铜、高氯酸盐、过氧化物等受震和受热都易引起爆炸,使用要特别小心。严禁将强氧化剂和强还原剂放在一起。久藏的乙醚使用前应除去其中可能产生的过氧化物。进行容易引起爆炸的实验,应有防爆措施。

表 1-4 与空气相混合的某些气体的爆炸极限(20℃, 101 325 Pa)

气体	爆炸高限 体积/%	爆炸低限 体积/%	气体	爆炸高限 体积/%	爆炸低限 体积/%
氢	74.2	4.0	丙酮	12.8	2.6
乙烯	28.6	2.8	一氧化碳	74.2	12.5
乙炔	80.0	2.5	煤气	74.0	35.0
苯	6.8	1.4	氨	27.0	15.5
乙醇	19.0	3.3	硫化氢	45.5	4.3
乙醚	36.5	1.9	甲醇	36.5	6.7

(3) 防火

许多有机溶剂如乙醚、丙酮、乙醇、苯等非常容易燃烧,大量使用时室内不能有明火、电火花或静电放电。实验室内不可存放过多这类药品,用后还要及时回收处理,不可倒入下水道,以免聚集引起火灾。有些物质如磷、钠、钾、电石及金属氢化物等,在空气中易氧化自燃。还有一些金属如铁、锌、铝等粉末,比表面大也易在空气中氧化自燃。这些物质要隔绝空气保存,使用时要特别小心。实验室如果着火不要惊慌,应根据情况进行灭火,常用的灭火剂有:水、沙、二氧化碳灭火器、四氯化碳灭火器、泡沫灭火器和干粉灭火器等。可根据起火的原因选择使用,以下几种情况不能用水灭火:① 钠、钾、镁、铝粉、电石、过氧化钠着火,应用干沙灭火;② 比水轻的易燃液体,如汽油、苯、丙酮等着火,可用泡沫灭火器;③ 有灼烧的金属或熔融物的地方着火时,应用干沙或干粉灭火器;④ 电器设备或带电系统着火,可用二氧化碳灭火器或四氯化碳灭火器。

(4) 防灼伤

强酸、强碱、强氧化剂、溴、磷、钠、钾、苯酚、冰醋酸等都会腐蚀皮肤,特别要防止溅入眼内。液氧、液氮等低温也会严重灼伤皮肤,使用时要小心。万一灼伤应迅速清除皮肤上的化学药品,一般可先用大量水冲洗,再用适合于清除该物质的特种溶剂、溶液或药剂仔细洗涤处理伤处,情况严重时应立即送医治疗。

(5) 防汞

汞中毒分急性和慢性两种。急性中毒多为高汞盐(如 HgCl_2) 入口所致, $0.1\text{ g}\sim 0.3\text{ g}$ 即可致死。吸入汞蒸气会引起慢性中毒, 症状有: 食欲不振、恶心、便秘、贫血、骨骼和关节疼、神经衰弱等。汞蒸气的最大安全浓度为 $0.1\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$, 而 20°C 时汞的饱和蒸气压为 0.0012 mmHg , 超过安全浓度 100 倍。所以使用汞必须严格遵守如下安全用汞操作规定。

不要让汞直接暴露于空气中, 盛汞的容器应在汞面上加盖一层水。装汞的仪器下面一律放置浅瓷盘, 防止汞滴散落到桌面上和地面上。一切转移汞的操作, 也应在浅瓷盘内进行(盘内装水)。实验前要检查装汞的仪器是否放置稳固。橡皮管或塑料管连接处要缚牢。储汞的容器要用厚壁玻璃器皿或瓷器。用烧杯暂时盛汞, 不可多装以防破裂。若有汞掉落在桌上或地面上, 先用吸汞管尽可能将汞珠收集起来, 然后用硫磺盖在汞溅落的地方, 并摩擦使之生成 HgS 。也可用 KMnO_4 溶液使其氧化。擦过汞或汞齐的滤纸或布必须放在有水的瓷缸内。盛汞器皿和有汞的仪器应远离热源, 严禁把有汞仪器放进烘箱。使用汞的实验室应有良好的通风设备, 纯化汞应有专用的实验室。手上若有伤口, 切勿接触汞。

4. X射线的防护

X射线被人体组织吸收后, 对人体健康是有害的。一般晶体 X射线衍射分析用的软 X射线(波长较长、穿透能力较低)比医院透视用的硬 X射线对人体组织伤害更大。轻的造成局部组织灼伤, 如果长时期接触, 重的可造成白血球下降, 毛发脱落, 发生严重的射线病。但若采取适当的防护措施, 上述危害是可以防止的。最基本的一条是防止身体各部(特别是头部)受到 X射线照射, 尤其是受到 X射线的直接照射。因此要注意 X光管窗口附近用铅皮(厚度在 1 mm 以上)挡好, 使 X射线尽量限制在一个局部小范围内, 不让它散射到整个房间, 在进行操作(尤其是对光)时, 应戴上防护用具(特别是铅玻璃眼镜)。操作人员站的位置应避免直接照射。操作完, 用铅屏把人与 X光机隔开; 暂时不工作时, 应关好窗口, 非必要时, 人员应尽量离开 X光实验室。室内应保持良好通风, 以减少由于高电压和 X射线电离作用产生有害气体。

5. 实验室“三废”的处理

实验中经常会产生某些有毒的气体、液体和固体, 都需要及时排弃, 特别是某些剧毒物质, 如果直接排出就可能污染周围空气和水源, 损害人体健康。因此, 对废液和废气、废渣要经过一定的处理后, 才能排弃。

为防止环境污染, 在做实验时, 应提倡绿色化学思想, 推广“微型化学实验”。“微型化学实验”是最近 20 年来在国内外发展很快的一种化学实验新方法、新技术。它具有节约试剂、减少污染、测定速度快、安全等特点, 便于实验室管理和“三废”处理。在实验教学中, 可根据实际情况, 尽可能使实验微型化, 加大实验室的“三废”处理力度。化学实验室的“三废”种类繁多, 实验过程产生的有毒气体和废水排放到空气中或下水道, 同样对环境造成污染, 威胁人们的健康。如 SO_2 、 NO 、 Cl_2 等气体对人的呼吸道有强烈的刺激作用, 对植物也有伤害作用; As 、 Pb 和 Hg 等物质的化合物进入人体后, 不易分解和排出, 长期积累会引起胃痛、皮下出血、肾功能损伤等; 氯仿、四氯化碳等能致肝癌; 多环芳烃能致膀胱癌和皮肤癌; CrO 接触皮肤破损处会引起溃烂不止等。因此, 对废液和废气、废渣要经过